
Gasifikasi Biomassa: Studi Kasus Proyek di Desa Munduk, Buleleng, Bali

Adilla Mutia Fatimah, Friga Siera Ragina, Nataliawati Siahaan, Hakimul Batih
Indonesian Institute for Energy Economics (IIEE)
www.iiee.or.id

Abstrak

Undang-undang no. 30 th. 2007 tentang energi mengamanatkan bahwa setiap warga Indonesia berhak memperoleh energi, tak terkecuali untuk daerah terpencil. Kebijakan Energi Nasional (KEN) menargetkan bauran energi primer dari Energi Baru dan Terbarukan (EBT) mencapai 23% pada tahun 2025. Hal ini menunjukkan pentingnya peran Energi Terbarukan (ET) untuk elektrifikasi daerah terpencil. Untuk mencapai bauran energi tersebut, diperlukan usaha-usaha 'debottlenecking' faktor-faktor yang menyebabkan lambannya penetrasi ET. Kajian ini dimaksudkan untuk memberikan informasi kepada para pembaca tentang faktor-faktor penting yang menentukan kesuksesan dan keberlanjutan proyek gasifikasi biomassa. Hasil studi menggaris bawahi bahwa: (1) keterlibatan masyarakat dan peran tokoh masyarakat/adat, (2) keterlibatan organisasi lokal, (3) kemudahan dalam mengoperasikan instalasi EBT, dan (4) pemilihan lokasi yang berkaitan dengan ketersediaan feedstock dan keberadaan sumber-sumber energi yang lain merupakan faktor-faktor kunci kesuksesan dan keberlanjutan proyek gasifikasi biomassa.

Kata Kunci : Biomassa, Gasifikasi, Elektrifikasi, Munduk

Daftar Isi

1. Latar Belakang.....	3
2. Tujuan	3
3. Kerangka Regulasi	4
4. Tentang Munduk.....	7
4.1 Lokasi.....	7
4.2 Potensi Biomassa.....	7
4.3 Potensi Wisata	8
5. Konstruksi Gasifikasi Biomassa.....	8
5.1 Desain Teknik.....	8
5.1.1 Integrasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa	8
5.1.2 Sistem Gasifikasi dan Sistem Pendingin Pembangkit Listrik	9
5.1.3 Sistem Pengeringan Biomassa.....	10
5.2 Konstruksi Sipil	10
6. Operasional dan Pemeliharaan	11
6.1 Ketersediaan Bahan Baku	11
6.2 Operasional Mesin.....	11
6.3 Pemeliharaan Mesin.....	11
7. Keterlibatan Masyarakat Setempat (<i>Community Engagement</i>)	12
7.1 Keterlibatan Pemangku Kepentingan (<i>Stakeholder Engagement</i>)	12
7.2 Kelembagaan	12
7.3 Penerima Manfaat.....	13
8. Struktur Finansial dan Biaya Pembangkitan	13
8.1 Pembiayaan energi terbarukan	13
8.2 Pendanaan Proyek.....	13
8.3 Partisipasi masyarakat setempat	13
8.3 Biaya pembangkitan (<i>Cost of Electricity</i>)	13
9. Tantangan dan Hambatan	14
10. Kesimpulan dan Saran	14
11. Referensi	15

1. Latar Belakang

Undang-undang no. 30 th. 2007 menyebutkan bahwa setiap warga Indonesia berhak memperoleh energi. Infrastruktur listrik merupakan salah satu hal penting untuk peningkatan kesejahteraan masyarakat. Namun, menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) diperkirakan sejumlah 12.5 juta rumah tangga di Indonesia belum terlistriki atau sekitar 20% tersebar di merata di seluruh Indonesia. [1] Hal ini antara lain disebabkan oleh sulitnya menjangkau beberapa daerah karena kondisi geografis maupun keterbatasan akses jalan, dan lokasi tempat tinggal penduduk yang tersebar. Oleh sebab itu, penyediaan listrik untuk masyarakat terpencil menjadi sulit dan mahal.

Disisi lain, Kebijakan Energi Nasional (KEN) mengamanatkan target bauran energi primer dari Energi Baru dan Terbarukan (EBT) mencapai 23% pada tahun 2025. Pemerintah Indonesia secara resmi telah menyampaikan komitmen untuk berkontribusi dalam penurunan emisi global pasca 2020 dalam *Intended Nationally Determined Contribution* (INDC) kepada *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) sebesar 29% dari skenario *Business as Usual* (BAU) pada tahun 2030. Fakta-fakta diatas menunjukkan pentingnya peran Energi Terbarukan (ET) sebagai solusi untuk masalah elektrifikasi daerah terpencil sekaligus sebagai upaya untuk memenuhi target bauran energi serta penurunan emisi CO₂.

Kementerian ESDM telah menetapkan kebijakan baru untuk memberikan insentif demi mendorong pemanfaatan ET, diantaranya dengan pembebasan pajak untuk kegiatan eksplorasi dan penetapan *feed-in tariff* (FIT) yang merupakan harga patokan pembelian energi berdasarkan biaya produksi ET. Dalam Peraturan Kementerian ESDM nomor 27 tahun 2014 tentang Pembelian Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa oleh PT PLN [2]. pemerintah menetapkan harga jual tenaga listrik dari pembangkit biomassa sebesar Rp1.150,00/kWh sampai Rp1.680,00/kWh untuk jaringan tegangan menengah dan Rp1.500,00/kWh sampai Rp2.400,00/kWh untuk jaringan tegangan rendah.

Mengingat pentingnya peran ET serta meningkatnya insentif pemerintah untuk mewujudkan teknologi energi bersih, maka dirancanglah proyek Biomassa Gasifikasi untuk elektrifikasi pedesaan, atas kerjasama Institut Indonesia untuk Ekonomi Energi (IIEE), USAID Indonesia Clean Energy Development (ICED), INSIGHT, dan Bank Negara Indonesia (BNI). Selain untuk menyediakan akses listrik bagi masyarakat di daerah terpencil melalui pemanfaatan ET, proyek yang merupakan pertama di Indonesia ini diharapkan dapat menjadi contoh untuk pengelolaan dan pengembangan teknologi gasifikasi biomassa di tempat lainnya demi memenuhi komitmen Indonesia untuk Energi Terbarukan.

2. Tujuan

Proyek gasifikasi biomassa dilaksanakan untuk meningkatkan ketahanan energi melalui teknologi energi terbarukan dan peningkatan kapasitas masyarakat untuk meningkatkan taraf hidupnya dengan cara sebagai berikut:

- a) Membuka akses dan menyediakan listrik berkualitas baik bagi penduduk di daerah terpencil.
- b) Memanfaatkan limbah sekitarnya sebagai sumber energi untuk pembangkit listrik.
- c) Meningkatkan peran pendampingan dan pembinaan masyarakat pada institusi pendidikan seperti Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) sebagai pelaksana.

Studi ini bertujuan untuk menyediakan informasi aspek-aspek penting dari proyek gasifikasi biomassa agar dapat menjadi acuan dan pembelajaran untuk pengembangan gasifikasi biomassa lainnya dalam usaha untuk meningkatkan peran ET.

3. Kerangka Regulasi

Saat ini, dasar hukum terkait energi di Indonesia terdapat dalam UU No. 30 th. 2007 tentang energi. Undang-undang tersebut berisi bab-bab antara lain pengaturan energi, kebijakan energi dan dewan energi nasional, pengelolaan energi, kewenangan pemerintah dan pemerintah daerah, pembinaan dan pengawasan, penelitian dan pengembangan. Dalam rangka mendukung pengembangan energi terbarukan, pemerintah telah menerbitkan sejumlah peraturan. Beberapa poin utama dalam undang-undang tersebut dan regulasi turunannya terkait pengembangan energi terbarukan termasuk biomassa dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Beberapa peraturan terkait pengembangan energi terbarukan biomassa

Peraturan	Deskripsi Ringkasan
1. Undang-Undang No. 30/2007 tentang Energi	<ul style="list-style-type: none"> • Setiap orang berhak memperoleh energi • Setiap kegiatan pengelolaan energi wajib mengutamakan penggunaan teknologi yang ramah lingkungan • Penyediaan energi oleh pemerintah diutamakan di daerah yang belum berkembang, daerah terpencil dan daerah pedesaan dengan menggunakan sumber energi setempat khususnya sumber energi terbarukan • Penyediaan dan pemanfaatan energi baru dan terbarukan wajib ditingkatkan oleh pemerintah • Penelitian dan pengembangan diarahkan terutama untuk pengembangan energi baru dan energi terbarukan
2. Undang-Undang No. 30/2009 tentang Ketenagalistrikan	<ul style="list-style-type: none"> • Pelaksanaan usaha penyediaan tenaga listrik oleh pemerintah dan pemerintah daerah dilakukan oleh badan usaha milik negara dan badan usaha milik daerah. Badan usaha swasta, koperasi dan swadaya masyarakat dapat berpartisipasi dalam usaha penyediaan tenaga listrik. • Pemanfaatan sumber energi primer dilaksanakan dengan mengutamakan sumber energi baru dan terbarukan

Peraturan	Deskripsi Ringkasan
<p>3 Peraturan Pemerintah No. 79/2014 tentang Kebijakan Energi Nasional</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kebijakan energi nasional merupakan kebijakan pengelolaan energi berdasarkan prinsip berkeadilan, berkelanjutan, dan berwawasan lingkungan guna terciptanya kemandirian energi dan ketahanan energi nasional • Sasaran penyediaan dan pemanfaatan energi primer dan energi final adalah terpenuhinya dan tercapainya: <ol style="list-style-type: none"> a. Penyediaan energi primer sekitar 400 MTOE pada tahun 2025 dan 1,000 MTOE pada tahun 2050. b. Pemanfaatan energi primer per kapita pada tahun 2025 sekitar 1.4 TOE dan pada tahun 2050 sekitar 3.2 TOE c. Penyediaan kapasitas pembangkit listrik pada tahun 2025 sekitar 115 GW dan pada tahun 2050 sekitar 430 GW d. Pemanfaatan listrik per kapita pada tahun 2025 sekitar 2,500 kWh dan pada tahun 2050 sekitar 7,000 kWh • Tercapainya bauran energi primer yang optimal: <ol style="list-style-type: none"> a. Peran energi baru dan energi terbarukan paling sedikit 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 b. Peran minyak bumi kurang dari 25% pada tahun 2025 dan kurang dari 20% pada tahun 2050 c. Peran batubara minimal 30% pada tahun 2025 dan minimal 25% pada tahun 2050 d. Peran gas bumi minimal 22% pada tahun 2025 dan minimal 24% pada tahun 2050 • Pengembangan energi dengan mengutamakan sumber daya energi setempat • Pemerintah dan pemerintah daerah memberikan insentif fiskal dan non-fiskal untuk mendorong pengembangan energi terbarukan
<p>4 Peraturan Menteri ESDM No. 27/2014 tentang pembelian tenaga listrik dari pembangkit listrik tenaga biomassa dan biogas oleh PT PLN</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Harga jual tenaga listrik dari Pusat Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) dengan kapasitas sampai dengan 10 MW ditetapkan dengan pertimbangan: <ol style="list-style-type: none"> a. Tegangan jaringan listrik PT PLN b. Lokasi/wilayah pembangkit (faktor f) • Harga jual tenaga listrik dari PLTBm: <ol style="list-style-type: none"> a. Rp. 1,150/kWh X F, jika terkoneksi pada jaringan tegangan menengah b. Rp. 1,500 kWh X F, jika terkoneksi pada jaringan tegangan rendah • Faktor F memiliki besaran: <ol style="list-style-type: none"> a. Pulau Jawa, F = 1.00 b. Pulau Sumatera, F = 1.15 c. Pulau Sulawesi, F = 1.25 d. Pulau Kalimantan, F = 1.30 e. Pulau Bali, Pulau Bangka Belitung dan Pulau Lombok, F = 1.50 f. Kepulauan Riau, Pulau Papua dan Pulau lainnya, F = 1.60 • PT PLN dapat melakukan pembelian tenaga listrik dari PLTBm dengan kapasitas di atas 10 MW
<p>5 Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 10/2012 tentang pelaksanaan kegiatan fisik</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kegiatan fisik pemanfaatan energi baru dan energi terbarukan dilaksanakan dalam rangka mendukung pembangunan nasional secara berkelanjutan untuk meningkatkan ketahanan energi nasional • Kegiatan fisik pemanfaatan energi baru dan energi terbarukan mencakup pembangunan, pengadaan dan/atau pemasangan (i) instalasi penyediaan tenaga listrik, (ii) instalasi penyediaan bahan bakar nabati, (iii) alat

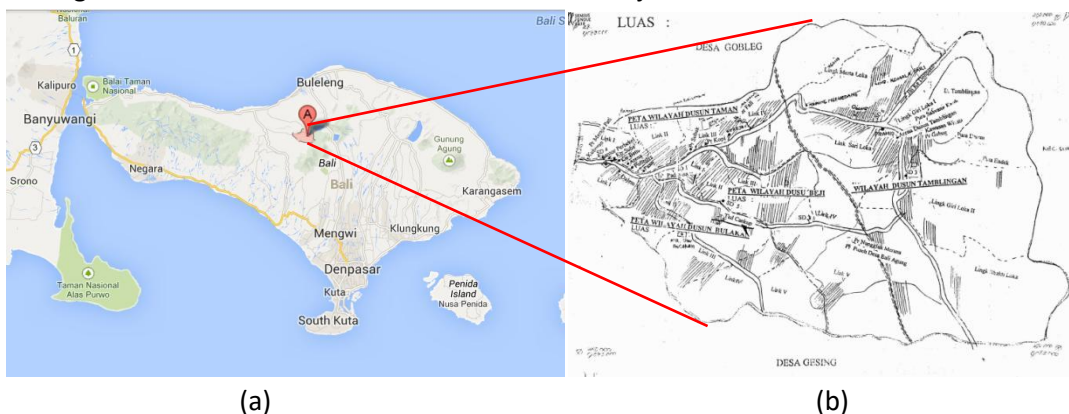
Peraturan	Deskripsi Ringkasan
pemanfaatan energi baru terbarukan	<p>produktif untuk menunjang kegiatan usaha masyarakat yang dihasilkan dari pemanfaatan energi baru dan terbarukan. Kegiatan fisik tersebut bertujuan untuk:</p> <ol style="list-style-type: none"> Mendorong pengembangan program desa mandiri energi Mendorong penyediaan energi yang berasal dari sumber energi baru dan energi terbarukan Mendorong pertumbuhan dan pemerataan pembangunan infrastruktur keenergian di wilayah terpencil, tertinggal, perbatasan, kepulauan kecil dan terluar, pasca bencana dan/atau pasca konflik Percontohan pengusahaan energi baru dan energi terbarukan
6 Peraturan Menteri Keuangan No. 21/2010 tentang pemberian fasilitas perpajakan dan kepastian untuk kegiatan pemanfaatan sumber energi terbarukan	<ul style="list-style-type: none"> • Kegiatan pemanfaatan sumber energi terbarukan dapat diberikan fasilitas perpajakan berupa: <ol style="list-style-type: none"> Fasilitas Pajak Penghasilan (PPh) Fasilitas Pajak Pertambahan Nilai (PPN) Fasilitas bea masuk Fasilitas pajak ditanggung pemerintah
7 Peraturan Bank Indonesia Nomor: 7/3/Pbi/2005 Tentang Batas Maksimum Pemberian Kredit Bank Umum	<ul style="list-style-type: none"> • Peraturan ini mengikuti UU No. 3 th. 2004 tentang Bank Indonesia yang membatasi penyediaan bank dana untuk 20% dari modal bank untuk setiap peminjam tunggal, 25% untuk kelompok peminjam dan 30% jika peminjam adalah perusahaan milik negara (BUMN) • Jika bank memiliki hak intervensi dalam pinjaman pembiayaan proyek pengembangan listrik, PLN, sebagai pengambil listrik yang diproduksi, dianggap sebagai "peminjam" meskipun bank meminjamkan kepada pengembang proyek • Pemberi pinjaman dibebaskan dari batas maksimum pemberian kredit jika proyek menerima jaminan dari pemerintah lembaga pembangunan multilateral
8 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 11/2006 tentang jenis rencana usaha dan/atau kegiatan yang wajib dilengkapi dengan analisis mengenai dampak lingkungan hidup	<ul style="list-style-type: none"> • Salah satu jenis rencana usaha dan/atau kegiatan yang wajib dilengkapi dengan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup yaitu pembangunan pembangkit listrik dari jenis lain (antara lain: <i>ocean thermal energy conversion</i> (OTEC), surya, angin, biomassa, gambut dan lain-lain) yang mencapai besaran > 10 MW

Peraturan terkait pengembangan energi terbarukan telah banyak diterbitkan tersebut mencakup hal-hal umum, kerjasama pemerintah-swasta, insentif dan sebagainya. Akan tetapi, pengembangan energi terbarukan cenderung lambat dan belum banyak menarik investor karena masih ada peraturan yang dianggap belum sinkron dengan peraturan lainnya dan dianggap kurang menarik bagi investor. Walaupun demikian, pemerintah akan terus memperbaiki regulasi dan mengatur agar tarif jual beli listrik energi terbarukan tetap menarik bagi investor dan pemanfaatan energi terbarukan dapat optimal.

4. Tentang Munduk

4.1 Lokasi

Desa Munduk adalah sebuah desa di Bali utara yang dikelilingi oleh kawasan pertanian, jaraknya sekitar 75 km di utara Denpasar. Selain potensi sumber energi yang melimpah (biomassa dan tenaga air), desa ini juga memiliki pemandangan yang sangat indah sehingga banyak mengundang wisatawan lokal maupun asing untuk berwisata di desa ini. **Gambar 1** menunjukkan lokasi Desa Munduk.



Gambar 1. Peta lokasi (a) Provinsi Bali, (b) Desa Munduk

4.2 Potensi Biomassa

Sekam padi merupakan kulit yang terpisah dari beras saat proses penggilingan, yang bila dibiarkan menjadi limbah yang tidak terpakai. Sekam padi memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai bahan baku biomassa, dengan nilai kalori 3,300 kcal/kg [3]. Selain pembuatan briket arang dari sekam padi yang telah banyak dilakukan, panas yang ditimbulkan dari pembakaran sekam padi dapat dijadikan sumber listrik. Proses penggilingan padi menghasilkan 20-30% limbah sekam padi. Menurut data BPS tahun 2013 [4], Provinsi Bali memproduksi 881 ribu ton padi per tahun, maka dapat dipastikan bahwa sekitar 176-264 juta ton sekam padi di Bali setiap tahunnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan.

Desa Munduk dan sekitarnya adalah daerah pertanian padi yang khas di Bali, Indonesia. Dalam industri penggilingan padi, sejumlah besar sekam padi umumnya dibuang dengan dibakar sedangkan jerami dibuang di lahan sawah. Hasil survey awal ketersediaan bahan baku dan kesesuaian lokasi menunjukkan terdapatnya 6 (enam) lokasi penggilingan padi di sekitar Munduk dengan total produksi limbah sekam padi dan jerami sebagai berikut:

Tabel 2. Ketersediaan sekam padi dan jerami tahunan di sekitar Munduk (dalam ton) [5]

Lokasi	Sekam padi yang tersedia	Jerami yang tersedia	Total
Sanda	60	240	300
Banyuatis	100	400	500
Ideran	100	400	500
Ringdikit	140	560	700
Seririt A	200	800	1000
Seririt B	200	800	1000
Total	800	3200	4000

Secara khusus hasil *feasibility study* yang dilakukan di Munduk menunjukkan beberapa alternatif sumber bahan baku biomassa seperti table di bawah ini.

Tabel 3. Alternatif bahan baku biomassa [5]

Sumber	Potensi Biomassa
Kopi	Kopi dipanen pada bulan Juni dan Juli dengan produk berupa limbah ranting dan daun. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui bagaimana limbah pertanian dihasilkan.
Cokelat	Kakao dipanen sepanjang tahun dengan produk limbah berupa polong.
Cengkeh	Cengkeh dipanen pada bulan Agustus, September dan Oktober. Limbah dari pohon-pohon cengkeh adalah daun dan ranting. Telah diverifikasi agri-limbah yang berasal dari pohon cengkeh memiliki nilai ekonomi
Sesajen	Sesajen ini tersedia sepanjang tahun dan ditemukan di kuil-kuil dan rumah tangga. Sesaji terdiri dari bunga, daun, kapur mati, daun sirih, daun kelapa diparut dan daun pisang
Sumber biomassa lainnya	Agri-limbah dari daun kelapa, bambu, batok kelapa, serutan kayu, alpukat, pisang, manggis, nanas, durian, salak

4.3 Potensi Wisata

Gubernur Bali saat ini memiliki visi “*Bali Clean and Green*”, dengan misi untuk menjadikan Bali mandiri secara energi, dan energi tersebut adalah energi ramah lingkungan. Pembangunan gasifikasi biomassa di desa Munduk, Bali, merupakan hal yang tepat untuk dilakukan mengingat peran Bali sebagai kawasan nasional pengembangan energi bersih. Dengan ukuran pulau yang tidak terlalu kecil atau terlalu besar dan infrastruktur sudah mulai terbangun, pembangunan gasifikasi biomassa menjadi tidak sulit untuk dilakukan. Selain itu, Bali merupakan daerah kunjungan yang menarik bagi wisatawan, sehingga adanya instalasi gasifikasi biomassa akan menambah daya tarik Bali khususnya desa Munduk sebagai panutan pengelola pembangkit listrik energi terbarukan di seluruh dunia. Selain wisata alamnya, dengan ini Bali, khususnya desa Munduk juga dapat menjadi pusat wisata pengetahuan energi bersih yang berbasis teknologi biomassa.

5. Konstruksi Gasifikasi Biomassa

5.1 Desain Teknik

5.1.1 Integrasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa

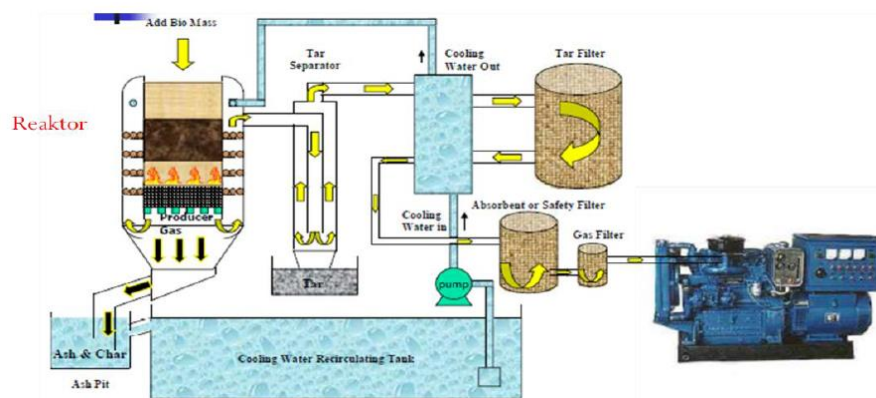
Sistem utama dari pembangkit listrik energi biomassa yang digunakan dalam proyek gasifikasi biomassa di Munduk adalah dengan menggunakan teknologi *Top Feed – Throatless Down Draft* produksi Trillion International yang terdiri dari *gasifier* dan *generator* listrik mesin gas, seperti terlihat dalam **Gambar 2**.

i. Gasifier/Reaktor

Mesin *gasifier* “Trillion Gasifier Model 70” (TG70) dipilih karena sesuai dengan parameter operasi kondusif untuk lingkungan Indonesia. Keunggulan lain yaitu kualifikasi mesin dapat dipesan sesuai dengan jenis bahan baku (feedstock) yang akan dipakai, sehingga diharapkan dapat mudah

beradaptasi dengan lingkungan di Indonesia. Selain itu, peralatan ini diproduksi di Jakarta sehingga diharapkan mudah untuk mendapatkan akses ke suku cadang serta panduan teknisi ahli. TG70 memiliki potensi pembangkitan energi sebesar 45 kW, yang menjadi 24 kW apabila dikombinasikan dengan mesin *generator* Prakash. Teknologi ini sederhana, bersih, dan aman. Untuk meminimalkan jumlah *tar* dan *char* yang terkandung dalam gas sintesis, mesin *gasifier* dilengkapi dengan filter aktif dan pasif, sehingga ketika masuk ke *generator*, gas sintesis sudah bersih dari kandungan *tar* dan *char*. Tipe reaktor TG70 merupakan tipe reaktor *downdraft*, yang dilengkapi dengan sensor temperatur, filter tar atau siklon pemisah, alat pendingin (*cooler*), filter gas (pemisah gas dari debu dan tar), dan katup pengaman yang dipasang pada keluaran gas untuk mencegah keluarnya gas bila temperatur gas atau tekanannya terlalu tinggi.

Penggunaan alat gasifikasi produksi Trillion International terutama disebabkan kisah sukses vendor ini dalam memproduksi banyak model yang banyak digunakan di Indonesia dan Asia pada umumnya dan terutama digunakan dalam industri perkebunan kelapa sawit. Beberapa penggunaan di Indonesia terutama dalam usaha kelapa sawit dan beberapa unit lainnya digunakan di Asia untuk proses aplikasi berbahan baku sekam. Myanmar memiliki lebih dari enam ratus (600) mesin TG *gasifier* dimana sebagian besar dioperasikan oleh penggilingan padi kecil dan digunakan untuk listrik desa. [5]



Gambar 2 Pembangkit listrik energi biomassa teknologi *Top Feed – Throatless Down Draft*[5]

ii. *Generator/Genset*

Mesin *generator* “Prakash Producer Gas Engine Set” (PNG 30-BM) digunakan untuk proyek ini karena sangat kompatibel dan dapat menggunakan gas hasil TG70 untuk menghasilkan tenaga listrik. PNG 30-BM dirancang untuk beroperasi dengan baik menggunakan bahan bakar non-konvensional seperti gas sintesis, dan menghasilkan emisi lebih sedikit. Oleh sebab itu teknologi ini cocok digunakan di area dimana keselamatan ekologi merupakan suatu hal yang penting, seperti di desa Munduk.

5.1.2 *Sistem Gasifikasi dan Sistem Pendingin Pembangkit Listrik*

Untuk menjaga agar perangkat gasifikasi bekerja pada suhu optimal diperlukan kolam untuk menampung air pendingin berukuran 5 x 5 x 1.5 meter yang ditempatkan di tanah. Kedalam tanki ini dialirkan 70 liter per menit air dengan bantuan pipa air berdiameter 8 cm untuk mensirkulasikan keluar

masuk air agar suhu dalam reaktor tetap stabil. Bersamaan dengan keluarnya air ke dalam kolam adalah abu sisa pembakaran. Sebuah sumber mata air berlokasi 1 (satu) kilometer dari instalasi pembangkit menjadi sumber air pendingin tersebut. Sisa abu pembakaran proses gasifikasi juga ditampung dalam kolam ini.

5.1.3 Sistem Pengeringan Biomassa

i. Gudang Pengering

Bangunan gudang pengering terletak berdekatan dengan struktur *gasifier* dan *generator*. Kelebihan panas dari *generator* disalurkan ke gudang pengering untuk mengurangi kadar air bahan baku biomassa.

ii. Gudang penyimpanan biomassa kering

Tempat ini digunakan untuk menyimpan biomassa agar tetap kering dengan kapasitas 1 bulan kebutuhan bahan baku sekaligus sebagai upaya agar biomassa selalu tersedia. Tempat penyimpanan ini berdekatan dengan perangkat gasifikasi.

iii. Lahan terbuka mengeringkan bahan baku biomassa

Disediakan juga lahan padat terbuka seluas 8 x 8 meter di area proyek yang dimanfaatkan untuk mengeringkan bahan selama musim kemarau serta untuk mengoptimalkan wilayah proyek serta menambah jumlah bahan baku.

5.2 Konstruksi Sipil

Beberapa konstruksi sipil yang dibangun untuk menunjang proyek gasifikasi biomassa di desa Munduk mencakup:

- a) Pembuatan *power house*
- b) Pembuatan saluran air yang diambil dari mata air terdekat dari lokasi *power house*
- c) Pemasangan dan integrasi dari mesin *gasifier* dan *generator* (**Gambar 3**)
- d) Transmisi listrik dan distribusi ke Pura dan rumah-rumah penduduk

Tahap awal dalam instalasi jaringan adalah melakukan survei lokasi terhadap rumah-rumah warga, tempat ibadah maupun sekolah di wilayah setempat untuk menentukan titik-titik yang akan dipasang jaringan listrik. Survei ini dilakukan untuk menghitung banyaknya kabel yang dibutuhkan sesuai jarak bangunan yang akan dialiri listrik ke *power house*.

- e) *Commisioning* dan *Launching* program



(a)

(b)

Gambar 3. Instalasi mesin (a) *Gasifier* untuk pembakaran sekam padi, (b) *Generator* untuk mengubah gas sistestis hasil proses gasifikasi menjadi listrik

6. Operasional dan Pemeliharaan

6.1 Ketersediaan Bahan Baku

Selama survei ketersediaan dan kesesuaian lokasi, diidentifikasi ada 6 (enam) lokasi penggilingan padi yang terletak dekat dengan Munduk, dengan jarak tempuh masing-masing sekitar 1 jam. Alat transportasi logistik berupa kendaraan beroda empat yang mampu menampung hingga 1,600 kg dalam satu kali perjalanan angkut dengan kebutuhan bensin sekitar 1.5 L. Mesin gasifikasi dioperasikan selama 6 jam setiap harinya dan untuk memenuhi kebutuhan per jam diperlukan 30 kg sekam padi sehingga kebutuhan dalam sebulan (30 hari) diperkirakan dapat mencapai 5,400 kg. Untuk memenuhi hal tersebut, pengangkutan sekam padi dari lokasi penggilingan padi dilakukan setiap 4 bulan sekali.

6.2 Operasional Mesin

Tahap operasional mesin terdiri dari beberapa tahapan yaitu tahap persiapan, tahap pengoperasian unit gasifikasi, tahap pengoperasian mesin *generator*, tahap mematikan mesin *generator*. Tahap persiapan ditujukan terutama untuk kontrol kesiapan, kelayakan dan keamanan unit gasifikasi dari resiko kerusakan atau ledakan. Tindakan pengecekan dilakukan pada posisi katup pengaman, ketinggian air kolam reservoir (pipa pembuangan dari unit gasifikasi tercelup/berada di bawah permukaan air, memastikan filter tar tetap tercelup, pemeriksaan filter gas yang berada pada unit gasifikasi dan genset, sambungan pipa, pengosongan alat pendingin kandungan air sekam, motor penggerak, kondisi genset (tinggi oli dan air radiator), dan pompa di dalam kolar reservoir tidak tersumbat. Dalam tahap pengoperasian mesin *generator* faktor penting yang perlu dicek adalah pengujian kualitas gas sedangkan salah satu faktor penting dalam mematikan mesin adalah memastikan reaktor dalam keadaan kosong dan bebas dari abu ataupun sekam padi.

6.3 Pemeliharaan Mesin

Tindakan pemeliharaan mesin *gasifier* TG70 dilakukan dalam 4 (empat) tahapan [6], yaitu:

- i. Setiap 200-250 jam: mengganti filter tar primer dengan kantung filter sekunder dan mengganti kantung filter sekunder dengan kantung filter yang baru.
- ii. Setiap 250 jam: melepas filter tar untuk memeriksa dan membersihkan saluran keluar reaktor. membersihkan abu dari antara batu *gasifier*. Jika berlebihan dibersihkan/dicuci dengan pistol air bertekanan serta membersihkan nozel air jika reaktor tersedak. Reaktor tersedak umumnya disebabkan adanya sekam yang masih mengandung padi.
- iii. Setiap 1,000 jam: Mengganti filter gas.
- iv. Setiap 2,000 jam: Membersihkan batu *gasifier* dengan sikat kawat atau air panas, atau dengan pistol air bertekanan. Jika kantung filter tar dan filter gas sangat basah, harus segera diganti karena dapat mengganggu reaktor mencapai efisiensi maksimumnya.

Untuk memudahkan kegiatan operasi dan pemeliharaan, disediakan manual dalam bahasa Indonesia dan bahasa setempat (Bali).

7. Keterlibatan Masyarakat Setempat (*Community Engagement*)

7.1 Keterlibatan Pemangku Kepentingan (*Stakeholder Engagement*)

Proyek energi terbarukan di daerah yang belum menerima jaringan listrik merupakan proyek yang ditujukan untuk memanfaatkan potensi energi terbarukan suatu wilayah sebagai sumber tenaga listrik wilayah tersebut dengan target penerima manfaat adalah warga setempat. Untuk itu, dalam proses pembangunan fasilitas dari awal sampai akhirnya diserahkan kepada masyarakat, melibatkan masyarakat dalam proses tersebut adalah unsur yang penting. IIEE bermitra dengan partner lokal, yaitu Yayasan Wisnu dalam hal pendekatan kepada masyarakat setempat, khususnya kepada pemuka agama dan pemimpin adat. Salah satu bentuk kerjasama dari masyarakat yang diharapkan adalah dalam hal tenaga kerja yang diperlukan untuk membangun beberapa konstruksi sipil.

Proses pendekatan kepada masyarakat dilakukan melalui beberapa tahap, seperti mengidentifikasi pemangku kepentingan di antaranya melalui metode: (i) *stakeholder mapping* dan *stakeholder analysis*; (ii) *stakeholder consultation/meeting*; dan (iii) membentuk tim inti yang bertanggungjawab dalam keseharian aktivitas proyek, dimana anggota tim yang dipilih adalah anggota masyarakat yang mempunyai pengalaman secara teknis, beraktivitas di organisasi kemasyarakatan dan mempunyai pengaruh atas masyarakat. Melalui kegiatan-kegiatan konsultasi masyarakat seperti di atas ditemukan beberapa aspek penting seperti potensi tantangan dan potensi sumber daya yang dimiliki saat ini. Selain terlibat dalam proses di atas, IIEE dan Yayasan Wisnu juga berperan aktif dalam hal pembangunan kapasitas warga melalui beragam pelatihan terkait dengan pengoperasian dan pemeliharaan mesin.

Beberapa kendala sempat ditemui saat proses pendekatan dilakukan, di antaranya adalah keengganan dan penolakan masyarakat untuk berpartisipasi dalam pembangunan tersebut, keraguan akan keberhasilan proyek dan keengganan untuk mengikuti pelatihan. Namun dengan pendekatan persuasif yang kontinu pada akhirnya masyarakat membuat suatu keputusan bersama yaitu: (i) bersedia membantu pemasangan dan pembuatan fasilitas sipil gasifikasi biomassa; (ii) membayar iuran bulanan yang dikelola oleh masyarakat sendiri untuk kepentingan pemeliharaan mesin gasifikasi biomassa; (iii) bertanggung jawab memelihara dan mengelola instalasi gasifikasi biomassa untuk kepentingan bersama; dan (iv) membentuk organisasi untuk mengelola usaha gasifikasi biomassa. [7]

7.2 Kelembagaan

Pembentukan organisasi manajemen usaha gasifikasi biomassa dibantu oleh Yayasan Wisnu. Organisasi tersebut diberi nama “Sinar Utama” yang bertanggung jawab untuk mengelola pembangkit listrik. Struktur organisasi disepakati terdiri dari Pembina yakni Kepala Desa Munduk dan Kelian Desa Adat Munduk, Pengawas yakni Kelian Adat Banjar Beji, Kelian dinas Banjar Beji. Adapun struktur kepengurusan organisasi terdiri dari Ketua, Sekretaris dan Bendahara. Selain itu, mengingat kegiatan tersebut berkaitan dengan urusan teknis maka dalam organisasi tersebut juga dibentuk seksi teknis dan seksi pengadaan bahan baku.

7.3 Penerima Manfaat

Tercatat sebanyak 85 rumah tangga, 1 sekolah dasar dan 1 rumah ibadah (pura) telah menikmati listrik dari gasifikasi biomassa, masing-masing dengan kapasitas 200 watt per hari. Mengenai manfaat yang diterima ini, masyarakat sepakat untuk memberikan iuran sebesar Rp 50,000/bulan. Pengelolaan iuran dilakukan oleh “Sinar Utama” dan iuran yang diterima dialokasikan juga untuk menggaji para pengurus dan teknisi.

8. Struktur Finansial dan Biaya Pembangkitan

8.1 Pembiayaan energi terbarukan

Pembiayaan pengembangan energi terbarukan di Indonesia untuk skala kecil biasanya bersumber dari anggaran pemerintah, dana hibah dan pinjaman seperti kredit perbankan. Pemerintah dan lembaga donor asing telah merancang dan memiliki program-program terkait pengembangan energi terbarukan di Indonesia serta menetapkan skema pembiayaan energi terbarukan. Terkait pembiayaan pinjaman untuk energi terbarukan biasanya pinjamannya berupa pinjaman lunak. Lembaga keuangan yang diketahui terlibat sebagai Bank Pelaksana untuk menyalurkan pinjaman lunak untuk energi terbarukan terdiri dari bank-bank pemerintah seperti Bank Mandiri, BRI, BNI dan bank-bank swasta seperti Bank Bukopin, Bank Muamalat.

Terkait penyaluran pinjaman untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga gasifikasi biomassa kepada usaha kecil menengah (UKM), informasi yang tersedia terbatas dan saat ini tidak dapat disimpulkan apakah sudah ada bank yang menyalurkan pinjaman ke UKM untuk implementasi jenis pembangkit seperti itu.

8.2 Pendanaan Proyek

Proyek Gasifikasi Biomassa Munduk merupakan kolaborasi proyek antara IIEE, USAID ICED dan Bank BNI dengan komposisi *cost sharing* USAID ICED sebesar 57% dari total anggaran, BNI 36% dan IIEE sebesar 7%.

8.3 Partisipasi masyarakat setempat

Penekanan utama dari proyek ini keterlibatan dan pengembangan masyarakat Munduk sehingga untuk alasan ini bagi masyarakat yang langsung mendapatkan manfaat dari elektrifikasi dimita kesediaannya untuk berkontribusi sebagai buruh. Partisipasi ini mengurangi biaya konstruksi sipil. Keterlibatan tersebut secara tidak langsung juga akan menumbuhkan rasa kepemilikan warga setempat terhadap instalasi gasifikasi biomassa sehingga diharapkan dapat mendorong keberlanjutan proyek.

8.3 Biaya pembangkitan (*cost of electricity*)

Komponen biaya pembangkitan listrik seperti pada umumnya terdiri dari biaya investasi (*capital cost*), biaya bahan bakar (*fuel cost*) serta biaya operasional dan pemeliharaan (*operation & maintenance*). *Capital cost* yang dihitung dalam proyek ini terdiri dari biaya sistem teknik, *feasibility study* dan biaya konstruksi dengan menggunakan faktor *discount rate* 10%, umur hidup mesin 15 tahun, efisiensi mesin 37% dan faktor kapasitas (*capacity factor*) 21%. Biaya bahan baku sekam padi adalah Rp 4,000 per karung (30 kg), sedangkan biaya operasional yang dikeluarkan adalah biaya upah tenaga kerja pengurus serta 2 orang teknisi, biaya pengangkutan sekam dari 6 penggilingan padi serta bahan bakar kendaraan

angkut. Total biaya yang terhitung yang dibutuhkan untuk pembangkitan listrik Gasifikasi Biomassa di Munduk adalah sebesar USD 0.25/kWh (sesuai kurs USD di tahun 2014).

9. Tantangan dan Hambatan

Beberapa kendala yang ditemukan selama masa pengoperasian gasifikasi biomassa di desa Munduk adalah:

- a) Bahan bakar yang digunakan (sekam padi) menjadi sulit didapat dan mahal karena adanya kompetisi penggunaan sekam padi untuk penggunaan yang lain misalnya untuk industri batu bata dan peternakan ayam. Saat ini harga pasar sekam padi berkisar antara Rp 6.000 – 10.000/karung. Kenaikan harga ini mencapai 1,5-2,5 kali lipat harga sekam padi di masa awal proyek.
- b) Kondisi sekam padi (kadang-kala tercampur butiran beras) sehingga bisa menggumpal dan membuat reaktor tersedak.
- c) Terganggunya aliran air dari sungai untuk proses pendinginan mesin.
- d) Teknis pengoperasian mesin gasifikasi yang rumit jika dibandingkan dengan *generator* berbahan bakar solar (diesel). Diperlukan ketekunan dalam pengoperasian mesin gasifikasi, karena setiap 2 jam sekali harus mengisi ulang sekam. Faktor ini yang pada akhirnya menimbulkan keengganan bagi operator untuk mengoperasikan mesin.
- e) Proyek gasifikasi biomassa diusulkan atas dasar kondisi kebutuhan masyarakat yang sudah mendesak, dimana selama bertahun-tahun sebelumnya masyarakat pernah meminta agar jaringan PLN dapat dialirkan ke masyarakat Munduk. Namun karena belum ditanggapi, inisiatif pengembangan listrik bertenaga biomassa disambut dengan baik oleh masyarakat. Di tahun ke-3 proyek ini berjalan, PLN mulai masuk dan menjadi tantangan tersendiri buat masyarakat dalam melanjutkan memanfaatkan listrik tenaga biomassa inikhususnya dari sudut pandang kemudahan dalam mengoperasikan. Di lain pihak, sumber listrik bertenaga biomassa yang dihasilkan dalam proyek ini tidak cukup memenuhi kebutuhan listrik masyarakat keseluruhan dan yang meningkat dari waktu ke waktu.

10. Kesimpulan dan Saran

Beberapa poin penting yang dapat digunakan sebagai bahan pembelajaran dari proyek gasifikasi biomassa di desa Munduk adalah sebagai berikut:

- a) Keterlibatan masyarakat dari awal proyek serta peran penting tokoh masyarakat/pemimpin adat sangat menentukan keberhasilan sebuah proyek.
- b) Keterlibatan organisasi lokal sangat membantu dalam memobilisasi masyarakat.
- c) Kemudahan dalam pengoperasian merupakan salah satu faktor kunci untuk keberlanjutan operasi mesin gasifikasi biomassa. Untuk mengatasi masalah pengisi ulangan sekam padi setiap 2 jam sekali, di sarankan ada modifikasi sistem yaitu berupa sistem pengisian *feedstock* secara otomatis dan berkala.
- d) Diperlukan pre-treatment feedstock untuk menghindari gangguan pada mesin *gasifier*. Langkah ini misalnya ditujukan untuk memisahkan sekam padi yang kadang-kala tercampur butiran beras guna menghindari penggumpalan. Dengan adanya pre-treatment ini diharapkan dapat menghindari penghentian operasi dan mengurangi waktu pemeliharaan.

- e) Pemilihan lokasi proyek gasifikasi biomassa merupakan salah satu faktor kunci keberlanjutan operasi gasifikasi biomassa. Adanya sumber energi lain yang lebih mudah dalam mengoperasikan misalnya tenaga air atau masuknya jaringan PLN menyebabkan masyarakat memilih sumber-sumber energi yang lebih mudah tersebut. Oleh karena itu, disarankan bahwa pemilihan lokasi proyek gasifikasi biomassa sebaiknya adalah lokasi yang tidak mempunyai sumber energi lain dan tidak terjangkau oleh jaringan PLN.

11. Referensi

1. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral *Per September 2013, Rasio Elektrifikasi 80,1 Persen*. 2013.
2. *Pembelian Tenaga Listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa dan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas oleh PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)*, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Editor. 2014.
3. Houston, D.F., *Rice Chemistry and Technology*. (1972). St. Paul, MN, American Association of Cereal Chemists.
4. Badan Pusat Statistik Provinsi Bali (2013), *Luas Panen, Rata-Rata Produksi, dan Produksi Padi Sawah dan Padi Ladang Menurut Kabupaten/Kota di Bali Tahun 2013*. 2013.
5. Santosa, B. and A. Djunainah, *IIEE - Munduk Biomass Electrification Feasibility Study V.2*, R.S. Hamdani, Editor. 2014, INDONESIAN INSTITUTE FOR ENERGY ECONOMICS.
6. *Gasifier Operation Manual For TG 70*, Trillion International Pte. Ltd, Editor. 2013.
7. *Surat Kesepakatan Masyarakat Dusun Limpah Munduk Buleleng Bali Dalam Program Elektrifikasi Biomasa*. 2014.